

SISTEMA DE SUSPENSION AEROSTATICA PARA EQUIPOS Y
VEHICULOS RODANTES

5 La presente invención se refiere a un sistema de suspensión que consta fundamentalmente de un conjunto de elementos que permiten que la presión atmosférica sustente el peso del equipo o vehículo en un estado de flotación neutra, actuando sobre cada rueda individualmente.

10 **Estado de la técnica y problemas a solucionar**

 El ahorro de energía en los medios de transporte de cargas y de pasajeros es el objetivo esencial de este nuevo diseño. En los medios convencionales de transporte, el sistema de suspensión se basa en el uso de
15 resortes, flejes de acero, o una combinación de ellos, cuya oscilación es inhibida por el uso de amortiguadores; la estructura de estos vehículos está diseñada para que sea capaz de soportar las fuerzas que se generan por compresión de los flejes y/o resortes, superiores al peso del vehículo. Esto obliga a construir pesadas estructuras capaces de soportar las enormes
20 tensiones producidas por los cambios súbitos de elevación del vehículo en función de las irregularidades del camino.

 A continuación se enumeran los puntos principales en los que se producen pérdidas de energía como consecuencia directa e indirecta de la necesidad de amortiguar los movimientos que los neumáticos transmiten al
25 vehículo durante la marcha:

- a) En primer lugar, la relación carga/peso del vehículo en los medios de transporte convencionales es muy baja. Debemos recordar que un automóvil mediano, por ejemplo, pesa alrededor de 1.000 kg y a menudo es utilizado por una sola persona con un peso medio de
30 80 kg. La razón principal de este peso excesivo del vehículo es que es preciso otorgarle resistencia a las enormes tensiones que son transmitidas por las ruedas en el uso normal del vehículo. En los vehículos con suspensión amortiguada, el consumo de combustible es una función directa del peso total del mismo.
- 35 b) En los vehículos convencionales, los neumáticos, aún cuando están correctamente inflados producen un consumo energético por

rodadura que es del orden de entre veinte y cuarenta por ciento de la energía entregada por el motor. Esta energía se transforma en calor en un proceso irreversible.

- 5 c) El sistema de amortiguación propiamente dicho, convierte la energía asociada a los movimientos sobre el eje vertical de las ruedas al encontrar desniveles, pozos, baches, etc., presentes en el camino, en calor en los bujes de montaje de los soportes de las ruedas y en el interior de los amortiguadores donde un líquido es empujado a través de un orificio pequeño. El amortiguador actúa así como un verdadero transductor de energía mecánica en calórica en forma también irreversible.
- 10

El sistema aquí descrito evita todas estas pérdidas de energía al independizar el mecanismo de suspensión del peso de la carrocería+motor+carga del mecanismo de traslación (por ejemplo, motores eléctricos montados en las ruedas traseras). Las ruedas del vehículo, por su diseño, pueden desplazarse verticalmente siguiendo el perfil del camino, sin pérdidas de energía (salvo el necesario para vencer la inercia del conjunto rueda-brazo telescópico-palanca-cilindro de la presente invención, que es un pequeño porcentaje de la masa total del vehículo) mientras el vehículo está suspendido en una posición de equilibrio por la propia atmósfera. Esta es la razón por la cual se impide que los accidentes del terreno se conviertan en fuerzas de naturaleza destructiva para el vehículo, su carga o su energía cinética. Esta característica es la razón fundamental de todo el ahorro energético asociado a la implementación de tal sistema.

15

20

25

A continuación se enumeran algunas de las ventajas del sistema de la presente invención:

1. Este sistema permite la construcción de vehículos más livianos, mejorando así la relación carga/peso de los mismos.
 2. El mismo permite el uso de ruedas con cubierta de goma sólida sin cámara.
 3. Finalmente, pero no por ser menos importante, la implementación de este sistema significará una reducción de los daños a caminos, calles y rutas como consecuencia del hecho de que la fuerza que ejerce cada una de las ruedas sobre el terreno posee un valor constante independiente de la velocidad del vehículo y es la
- 30
- 35

misma que la correspondiente al estado de reposo (esta fuerza para el caso de un vehículo de cuatro ruedas, es esencialmente igual a un cuarto del peso del vehículo).

5 En los vehículos con sistemas convencionales de suspensión, esta fuerza también está presente (bajo la forma de peso del vehículo/4) pero a esto se le suma además el hecho de que es necesario elevar todo el peso del vehículo y comprimir el resorte de la suspensión, lo cual significa una enorme cantidad de energía que se traduce en enormes presiones que deben ser
10 absorbidas por el terreno. Estas presiones son proporcionales al cuadrado de la velocidad del vehículo, lo cual significa que al duplicarse la velocidad se cuadruplica la presión.

El diseño del sistema de la invención hace uso de elementos que la industria actual puede producir a bajo costo sin inconvenientes. Los
15 elementos esenciales de este sistema de suspensión son, para cada rueda, un cilindro con superficie interna pulida y un émbolo munido de guarniciones de elastómero, con un sello secundario de goma sintética. El resto de los elementos utilizados son de uso corriente en la industria.

20 Resumen de la invención

La presente invención se refiere a un sistema de suspensión que consta fundamentalmente de un conjunto de elementos que permiten que la presión atmosférica sustente el peso de un equipo o vehículo en un estado de
25 flotación neutra, actuando sobre cada rueda individualmente. La presión atmosférica actúa sobre un conjunto cilindro-émbolo, de forma tal que la presión se opone a la separación de las caras internas con una fuerza cuya magnitud sobre cada cara es función del área de la sección del émbolo. La fuerza que se genera sobre el elemento estático es soportada por la
30 estructura. La fuerza en sentido opuesto que se genera sobre el elemento móvil, en este caso el cilindro, se transmite mediante un sistema de palanca con punto de apoyo regulable hasta el extremo de un soporte telescópico de rueda. La regulación de la posición del punto de apoyo permite ajustar la capacidad de sustentación del sistema en función de la carga a transportar.
35 Una vez regulada la posición del punto de apoyo, la carga del equipo o vehículo estará sustentada aerostáticamente. En esta situación, el equipo o

vehículo puede ser desplazado verticalmente hacia arriba o hacia abajo tan solo venciendo la inercia del mismo, ya que su peso ha sido equilibrado por la presión atmosférica. Del mismo modo, es posible mantener el equipo o
5 vehículo a una altura constante sobre el nivel de referencia mientras las
ruedas suben y bajan adaptándose al perfil del mismo. La fuerza de
sustentación es función de la sección de los cilindros (en centímetros
cuadrados) y de la presión atmosférica reinante (aproximadamente 1 kg/cm^2)

Breve descripción de los dibujos

10

La figura 1 es una vista isométrica del sistema de suspensión aerostática en un chasis para cuatro ruedas.

La figura 2 es una vista en planta del montaje del sistema en una de las ruedas, indicando cortes por la traza AA, por la traza BB y por la traza CC.

15

La figura 3 es una vista en elevación del montaje del sistema para la misma rueda, con trazas AA, BB, y CC. La figura 4 ilustra el corte por la traza AA de la figura 2.

La figura 5 muestra el corte por la traza BB de la figura 2.

La figura 6 muestra el corte por la traza CC de la figura 2.

20

La figura 7 muestra el corte por la traza AA de la figura 3.

La figura 8 ilustra el corte por la traza BB de la figura 3.

La figura 9 muestra el corte por la traza CC de la figura 3.

La figura 10 es una vista ampliada de la figura 4 que muestra
25 detalles de construcción del sistema cilindro-émbolo que no pueden
apreciarse en la figura 4.

Descripción detallada de la invención

El sistema de suspensión aerostática de la invención, que se
30 describirá a continuación, es independiente para cada rueda, siendo idénticos
su principio y su modo de operación, por lo que se describirá el
correspondiente a una sola rueda.

En la figura 1 se muestra una realización particular, tal como un chasis
para cuatro ruedas, cada una de ellas provista de un sistema de suspensión
35 aerostática 1 de la invención.

La figura 2 es una vista en planta del sistema aplicado a una rueda. Se puede observar la disposición del conjunto cilindro-émbolo 2, la palanca 3 y el brazo soporte de rueda 4 que se puede apreciar en la vista en elevación mostrada en la figura 3. En la figura 3 también se puede ver el montaje telescópico 5 del soporte de rueda. Adicionalmente, en la figura 3 se muestra el conjunto del punto de apoyo regulable 6.

En la figura 4, que es un corte por la traza AA de la figura 2, así como en la figura 10, que es una vista ampliada de la figura 4, pueden observarse los elementos fundamentales del sistema, a saber: un cilindro 7, que se desliza libremente sobre un émbolo 8 montado en el interior del mismo provisto de dos guarniciones de elastómero 9 y 10, que posee una manga de goma sintética 11 unida en un extremo a la cara externa del émbolo y en el otro al extremo superior del cilindro. Entre el cilindro y la manga se crea así una cámara 12, en la que se aloja un cierto volumen de lubricante. Dicho lubricante debe tener como característica fundamental, además de poseer alto poder lubricante, la de poseer baja tensión de vapor a temperatura ambiente. En la formulación del mismo deben estar incorporados lubricantes sólidos a base de bisulfuro de molibdeno y de grafito. La luz entre émbolo y cilindro debe ser la mínima mecánicamente alcanzable, dado que ambos trabajan a la misma temperatura (temperatura ambiente). Ambos elementos deben ser del mismo material ya que deben poseer el mismo coeficiente de dilatación. La guarnición 9 es un o-ring de sección circular con un diámetro de alrededor de 10 mm para un cilindro de 200 mm de diámetro. El mismo está montado en una ranura tipo "cola de pato" en la que una de las caras de ajuste es un anillo deslizante que es empujado por el aro roscado 13, el cual posee un tornillo de fijación que permite inmovilizar el aro 13 una vez ajustada la compresión del o-ring. El acabado de superficie de estas caras debe ser de 0,25-0,5 micrones. La función del aro roscado 13 es comprimir ligeramente al o-ring para generar una superficie de contacto entre éste y el cilindro. La banda de contacto del o-ring con el cilindro, cuya superficie debe poseer un acabado de superficie de 0,25-0,5 micrones, debe tener un ancho de 0,1-0,2 mm y debe corresponder a un aplastamiento que no debe ser superior a 0,127 mm (según especificación de los fabricantes, para sellos dinámicos). Tal configuración es suficiente para impedir el paso de lubricante y por ende de aire hacia el interior del cilindro. La segunda guarnición 10 posee una sección en U y su función es la de rascador de aceite con el fin de retener el

aceite, asegurando así la lubricación de la pared del cilindro en el área de vacío, manteniendo el nivel de lubricante en la cámara 14 de la figura 4, a fin de garantizar el deslizamiento con roce mínimo de la guarnición 9 de la misma figura. En la figura 10 puede verse el diseño de la cámara de

5 lubricante 14. Como puede apreciarse observando las figuras, al desplazarse el cilindro sobre el émbolo, la manga 11 de lubricante asegura totalmente la estanqueidad del sistema. Con el correr del tiempo, pequeñas cantidades de lubricante pueden atravesar la barrera de la guarnición y es necesario desalojarlas por contrapresión mediante el empleo adecuados abriendo

10 manual o electrónicamente la válvula 15 de la figura 4. El lubricante retorna a la cámara 12. Esta operación se realiza con el vehículo detenido, con una frecuencia que es función de las características del diseño en particular y de su tiempo de uso. El elemento crítico para el funcionamiento correcto del sistema es el ajuste de la compresión del o'ring 9. El mismo roza contra la

15 cara interna del cilindro con una presión, para un aplastamiento recomendado por el fabricante inferior a 0,127 mm, del orden de 10 kg/cm². Si el ancho de la banda de contacto entre o'ring 9 y cilindro 7 es de 0,2 mm, para un cilindro de 20 cm de diámetro, la longitud de la circunferencia correspondiente es de 628,3 mm y el área de contacto, este valor multiplicado por 0,2 mm, es igual a

20 125,66 mm² ó 1,26 cm². Teniendo en cuenta que el coeficiente de rozamiento máximo para esta configuración, que se da cuando el émbolo pasa del estado inmóvil al de movimiento, es de aproximadamente 0,05, la fuerza que debe hacer el émbolo para vencerla es de aproximadamente de:

$$10 \text{ kg/cm}^2 \times 1,26 \text{ cm}^2 \times 0,05 = 0,628 \text{ kg}$$

25 Esta fuerza es muy pequeña en relación con la fuerza que genera el conjunto cilindro/émbolo que para 20 cm de diámetro es de 314,15 kg (2/1000). Con el vehículo en movimiento la fricción ingresa en sus etapas mixta e hidrodinámica, con valores aún mucho más pequeños.

Si bien se ha descrito un o'ring particular para describir la presente
30 realización, existe una amplia gama de configuraciones posibles de acuerdo al tipo de aplicación, tales como sellos con perfil en U, sellos a base de PTFE. Particularmente, se consideran también incluidos dentro del ámbito de la presente invención las aplicaciones del presente sistema de suspensión

35 aerostática a equipos que requieran alcanzar una desvinculación mecánica de toda vibración proveniente del suelo o de cualquier otro origen, tal como portaobjetos de microscopios electrónicos, instrumentos de medición, etc. En

tales casos, el elemento de sello a considerar admite alternativas como el uso de ferrofluidos puros o mixtos.

El émbolo 8 está unido a la estructura soporte mediante un conjunto vástago cruceta 16 de la figura 4. La misión de esta cruceta es evitar que
5 pequeños errores de alineación se traduzcan en fuerzas que puedan romper el epilámen de lubricante que protege al cilindro y al émbolo y se produzca fricción seca con el consiguiente deterioro de las superficies. En la figura 4, puede observarse el mecanismo de transmisión de la fuerza, generada por la presión atmosférica aplicada sobre la cara inferior del cilindro, desde el
10 vástago 17 a la palanca 3. El mecanismo, por su diseño, asegura la invariabilidad del punto de apoyo rodamiento/palanca respecto del eje vertical. El mismo, representado en la figura 7 está compuesto por una caja metálica 18 que aloja al rodamiento de apoyo 19. Al modificarse el ángulo de trabajo de la palanca 3, la caja 18 junto con el rodamiento 19 pivotan manteniendo
15 constante el punto de aplicación de la fuerza sobre el eje vertical, ya que el eje de rotación de la caja, definido por los bujes de montaje 20 es colineal con la superficie de apoyo del rodamiento 19.

El punto de apoyo regulable 6, ilustrado en la figura 5 que es un corte por la traza BB de la figura 2, se muestra también en la figura 8, que es un
20 corte por la traza BB de la figura 3. El mismo se compone de una caja 23 provista de rodamientos 24 que le permiten deslizarse a lo largo de la pista 25. La caja también aloja al tornillo regulador de posición 26.

En su extremo inferior va montado el bastidor 27 en el que se encuentra alojado el rodamiento de apoyo 21.

25 El punto de apoyo de la palanca 3 sobre el rodamiento 21 es coaxial con el eje de giro de los cojinetes de apoyo del elemento soporte del rodamiento 21 a fin de asegurar la invariabilidad del mismo independientemente del ángulo de aplicación de la fuerza. Este diseño permite que la relación de brazos de palanca 3-A y 3-B no se altere al variar
30 el ángulo de apoyo. De este modo, al variar la inclinación de la palanca 3, el incremento de la longitud efectiva de la misma no se traduce en un cambio en la relación entre ambos brazos, ya que ambos se incrementan en igual proporción. Deberá entenderse como brazos de palanca las distancias entre el punto de apoyo del rodamiento 19 y el del rodamiento 21 (3-A), y la que
35 existe entre el punto de apoyo del rodamiento 21 y el eje de la unión 22 entre la palanca 3 y el brazo soporte de rueda 4 (3-B).

El tornillo 26 de la figura 5 permite al girarlo, variar la posición del punto de apoyo a fin de adaptar la fuerza de sustentación al peso del equipo o vehículo más su carga. El extremo izquierdo del tornillo de regulación 26 está montado con un rodamiento 28 adecuado para absorber cargas radiales y axiales; ya que al modificarse la posición de la palanca respecto de la horizontal, se genera una fuerza en tal sentido. El rodamiento está ilustrado en el detalle 28 de la figura 4.

El extremo opuesto de la palanca 3 está conectado al extremo del brazo que soporta la rueda 4. En la figura 6, que es un corte por la traza CC de la figura 2, puede verse el mecanismo de conexión de estos dos elementos. El montaje telescópico de rueda posee un movimiento vertical paralelo al eje de desplazamiento del cilindro 7. Esto es necesario para mantener constante la relación de brazos de palanca como se dijera anteriormente.

La posición del punto de apoyo 21 puede regularse en forma manual o electrónica. Una vez ajustada su posición a fin de alcanzar el equilibrio entre la fuerza de sustentación y el peso del vehículo más su carga, el mismo estará en condiciones de ponerse en movimiento.

Los brazos soportes de rueda pueden estar contruidos con perfiles de sección rectangular, tal como se ilustra en la figura 9, que es un corte por la traza CC de la figura 3. El brazo soporte de rueda 4 se desliza sobre dos conjuntos de rodamientos 29 y 30 montados en una cámara rectangular 5. En la figura 9 se muestra en corte por la traza CC de la figura 3 la configuración y montaje de estos rodamientos 29. El soporte posee en su sección inferior la punta de eje donde va montada la rueda 31.

Funcionamiento del sistema

El sistema descrito funciona del siguiente modo:

El área de sección de cada émbolo, expresada en centímetros cuadrados, multiplicada por la presión atmosférica, expresada en kg/cm^2 , representa la capacidad de sustentación máxima para cada rueda, para una relación de brazos de palanca 1:1. Si el radio del cilindro es de 10 cm, se tendrá, para una relación de brazos de palanca de 1:1, una capacidad de sustentación máxima, $C_s(\text{máx})$, de:

$$Cs(\text{máx}) = 3,1416 \times 10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 1 \text{ kg/cm}^2 \times 4 \text{ (ruedas)} = 1256,64 \text{ kg}$$

La capacidad mínima de sustentación, $Cs(\text{mín})$, se tendrá para una relación de brazos de palanca de 1:2 (o sea, con el punto de apoyo a 1/3 de la longitud total efectiva de la palanca medido desde el extremo vinculado al vástago del cilindro).

$$Cs(\text{mín}) = (3,1416 \times 10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 1 \text{ kg/cm}^2) / 2 \times 4 \text{ (ruedas)} = 628,32 \text{ kg}$$

La diferencia entre $Cs(\text{máx})$ y $Cs(\text{mín})$ es en este caso de 628,32 kg. Esto significa que el vehículo puede transportar cargas de entre 0 y 628,32 kg, simplemente ajustando la posición del punto de apoyo. Los valores elegidos de relación de brazos de palanca intentan mostrar cómo este sistema podría aplicarse a los vehículos convencionales. Ahora bien, como la carrocería no está sometida a las tensiones asociadas a los sistemas convencionales de suspensión, es posible el diseño de carrocerías más livianas que permitirán mejorar notablemente la relación carga/peso del vehículo. Manteniendo los diámetros de émbolo en sus valores dados en el ejemplo anterior, al trabajar con cargas y pesos menores se podrá reducir la relación de brazos de palanca a, por ejemplo 1:2 para la carga máxima (que sería entonces de 628,32 kg y de 1:4 para la carga mínima (que sería entonces de 314,16 kg). Estas variaciones intentan mostrar la capacidad de adaptación del sistema a las distintas situaciones que pueden presentarse en el diseño de estos vehículos.

Estos ejemplos han mostrado cómo se efectúa en el sistema la adaptación a cargas variables. Se ha visto que la adaptación se efectúa variando el punto de apoyo de la palanca. Una vez que el vehículo está correctamente adaptado a su carga, el mismo está en condiciones de desplazarse.

Si bien la invención ha sido descripta e ilustrada para una realización particular, tal como un vehículo rodante, deberá entenderse que el sistema de suspensión aerostática puede ser aplicado a equipos que requieren lograr una desvinculación mecánica de toda vibración proveniente del suelo o cualquier otro origen tales como portaobjetos de microscopios electrónicos e instrumentos de medición.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un sistema de suspensión aerostática para equipos y vehículos rodantes que comprende un conjunto de cilindro-émbolo, estando el émbolo (8) vinculado a la estructura suspendida del equipo o vehículo mediante una unión pivotante en ejes coplanares horizontales, donde el cilindro (7), que posee un grado de libertad de movimiento sobre el eje vertical, se vincula a una palanca (3) provista de un punto de apoyo regulable (6), estando el extremo distal de dicha palanca articulado con el extremo de un brazo soporte de rueda de vehículo o de apoyo de equipo.
- 10 2. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, donde el émbolo y el cilindro están realizados en un mismo material.
- 15 3. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, donde dicho émbolo se encuentra provisto de guarniciones de sello.
- 20 4. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 3, donde al menos una guarnición es un o'ring de elastómero.
- 25 5. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 3, donde al menos una guarnición es un sello a base de ferrofluidos puro o en combinación con o rings elastoméricos.
- 30 6. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, donde dicho émbolo (8) se encuentra vinculado a la estructura suspendida del equipo o vehículo mediante una unión pivotante en dos ejes coplanares horizontales transversales.
7. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 6, donde dicho émbolo (8) se encuentra vinculado a la estructura suspendida del equipo o vehículo mediante un conjunto vástago cruceta (16).
8. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, donde dicho punto de apoyo regulable (6) se compone de una caja (23) provista de rodamientos (24) que le permiten deslizarse a lo largo de la pista

5 (25), donde la caja (23) también aloja al tornillo regulador de
posición (26), estando montado en su extremo inferior el bastidor
(27) en el que se encuentra alojado el rodamiento de apoyo (21),
siendo el punto de apoyo de la palanca (3) sobre el rodamiento
10 (21) coaxial con el eje de giro de los cojinetes de apoyo del
elemento soporte del rodamiento (21) a fin de asegurar la
invariabilidad del mismo independientemente del ángulo de
aplicación de la fuerza, permitiendo que la relación de brazos de
palanca (3-A y 3-B) no se altere al variar el ángulo de apoyo y que
15 al variar la inclinación de la palanca (3), el incremento de la
longitud efectiva de la misma no se traduzca en un cambio en la
relación entre ambos brazos, ya que ambos se incrementan en
igual proporción.

RESUMEN

Un sistema de suspensión aerostática (1) para equipos y vehículos rodantes que aprovecha la presión atmosférica para generar, mediante el empleo de
5 conjuntos de émbolos y cilindros, fuerzas que son transmitidas mediante palancas que poseen un punto de apoyo variable y que en su extremo distal están unidas a brazos soportes de ruedas. Dichas fuerzas actuando individualmente sobre cada rueda sustentan aerostáticamente el peso del equipo o vehículo, más su carga.

10

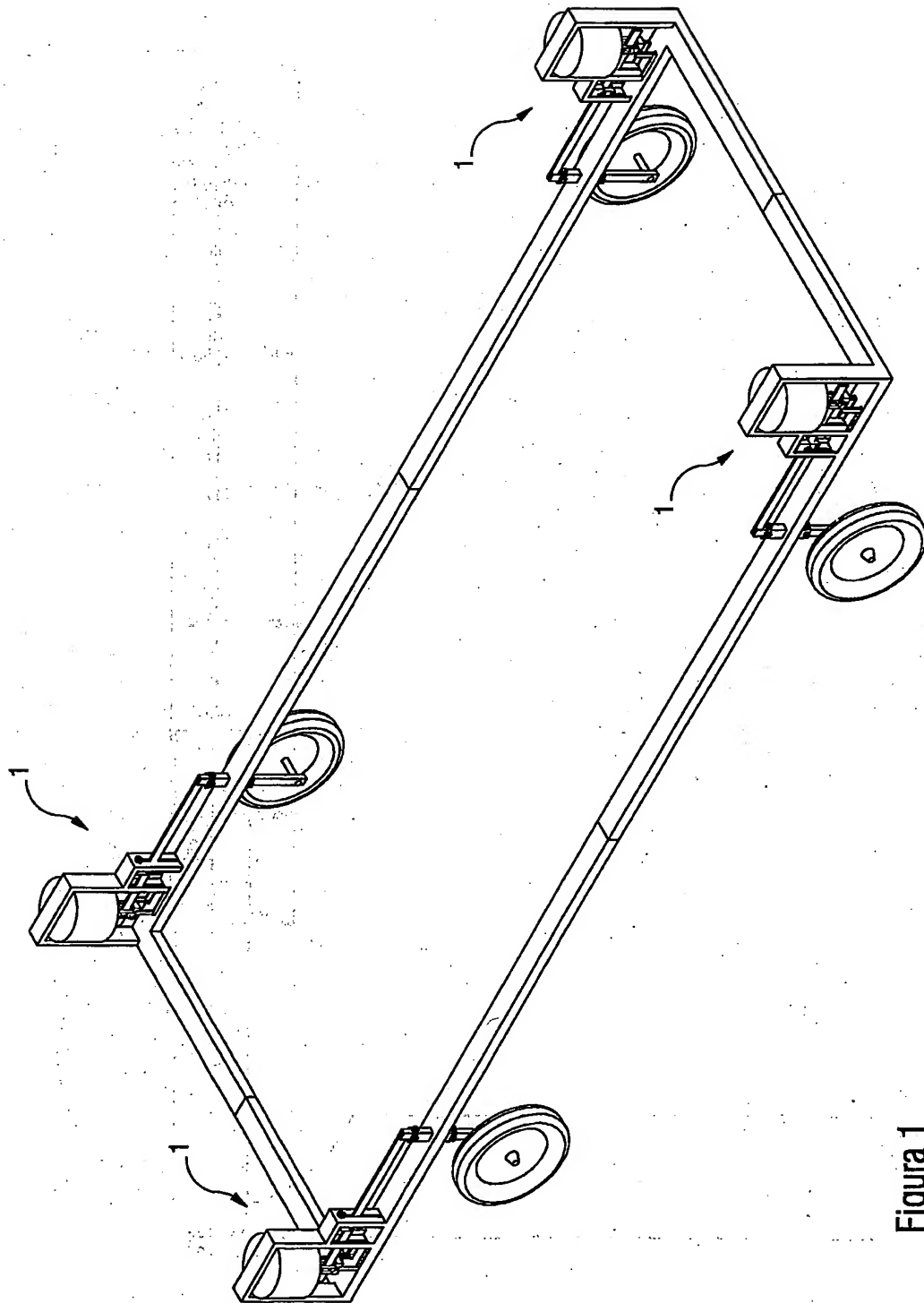


Figura 1

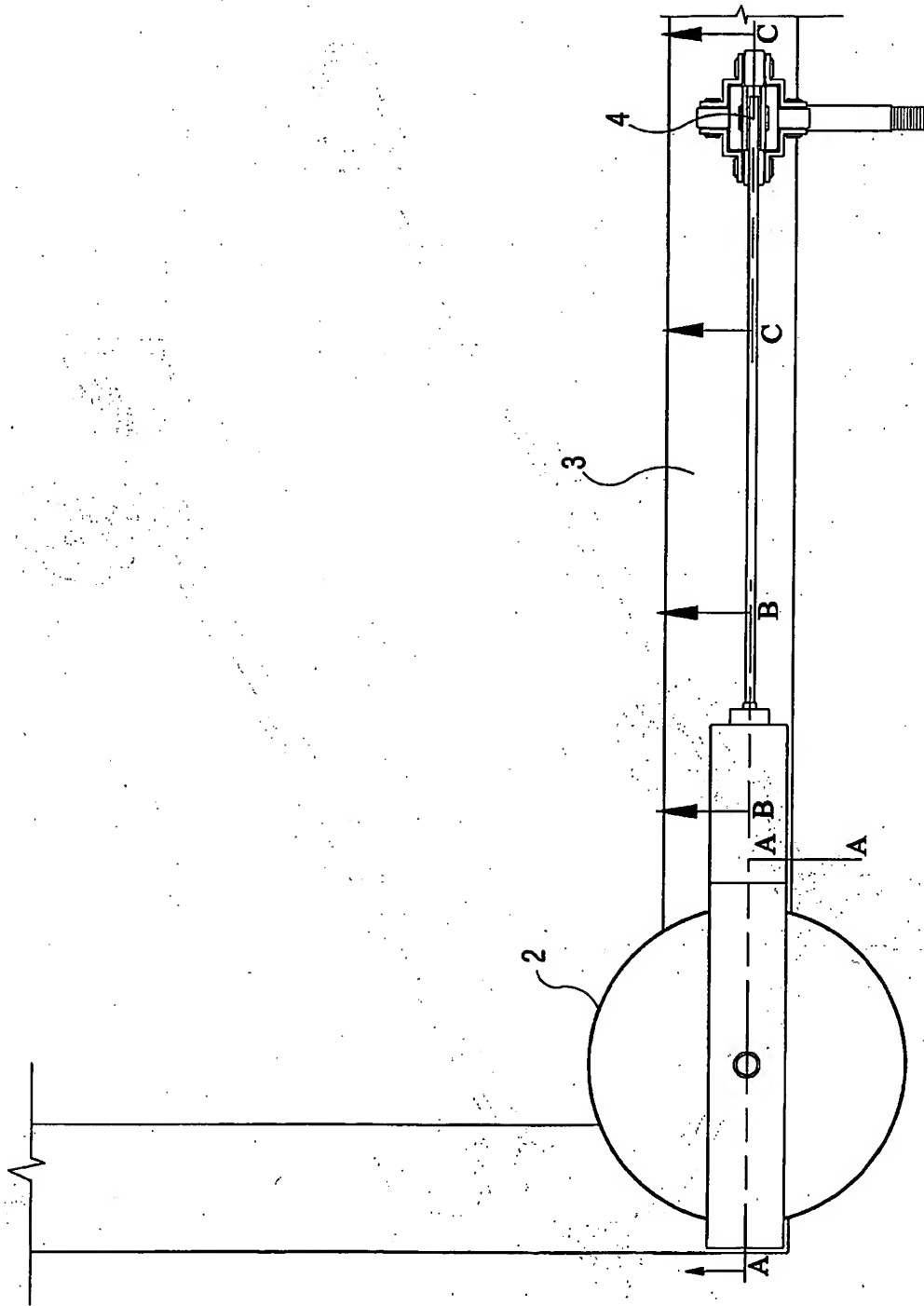


Figura 2

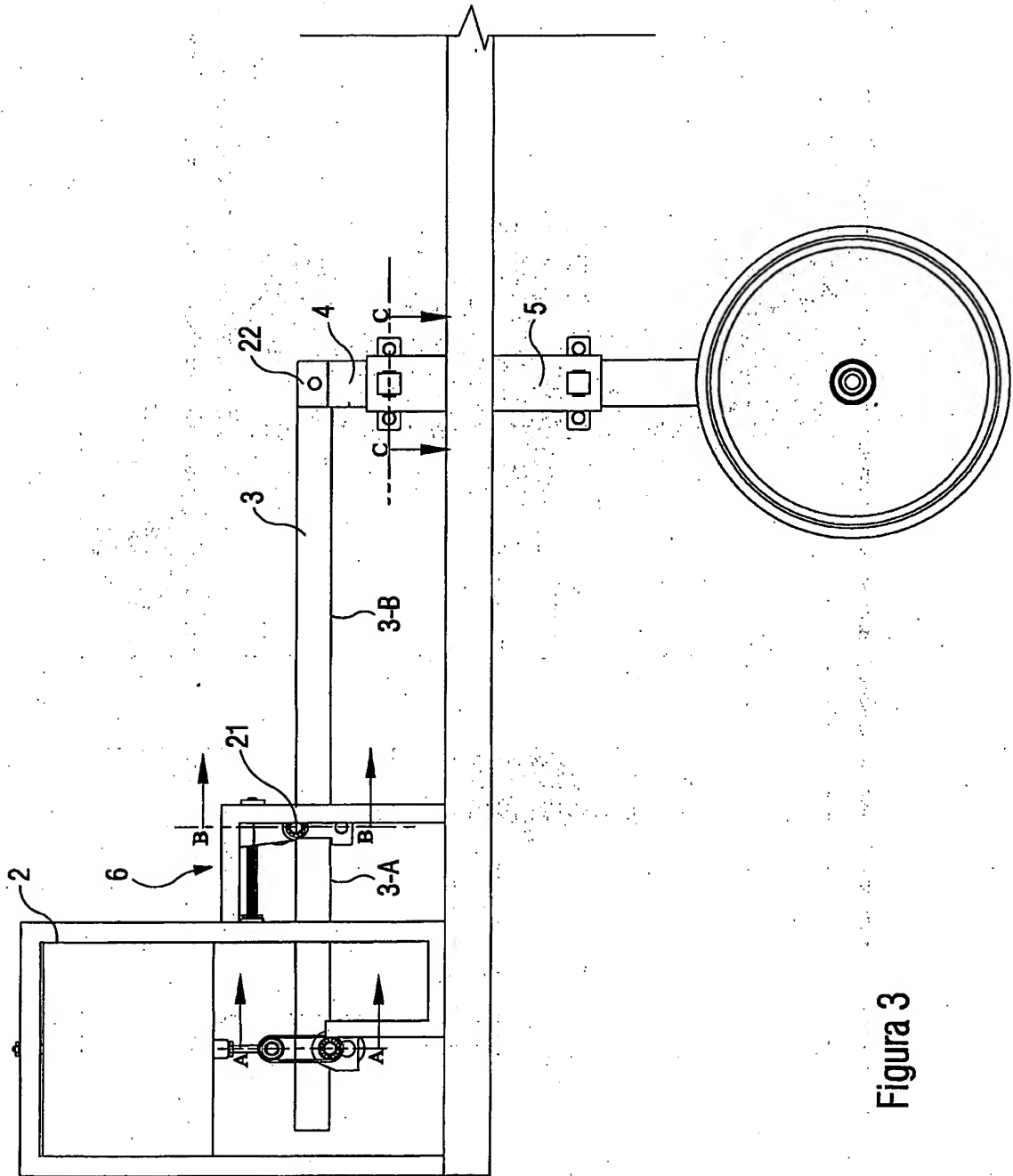


Figura 3

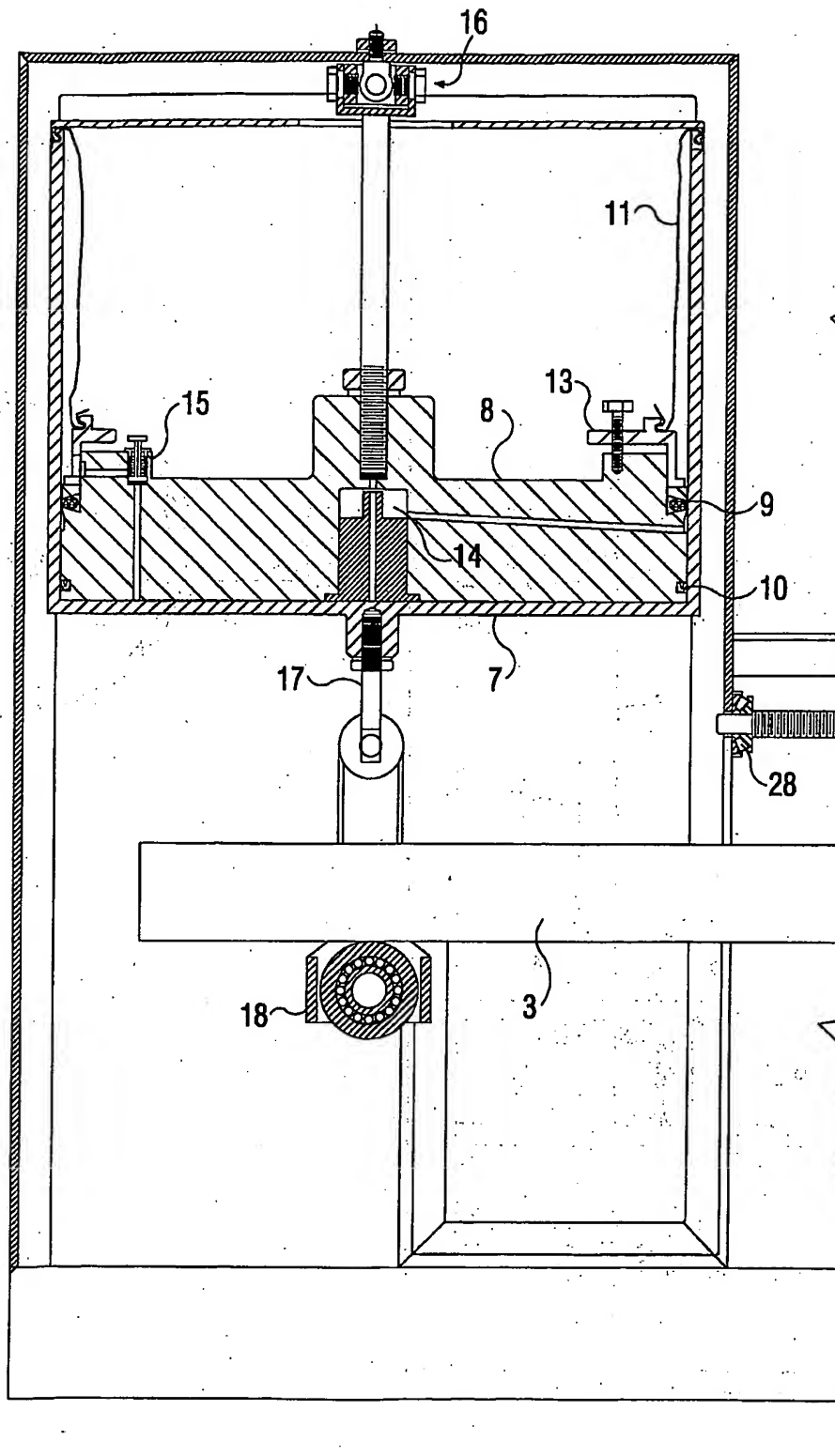


Figura 4

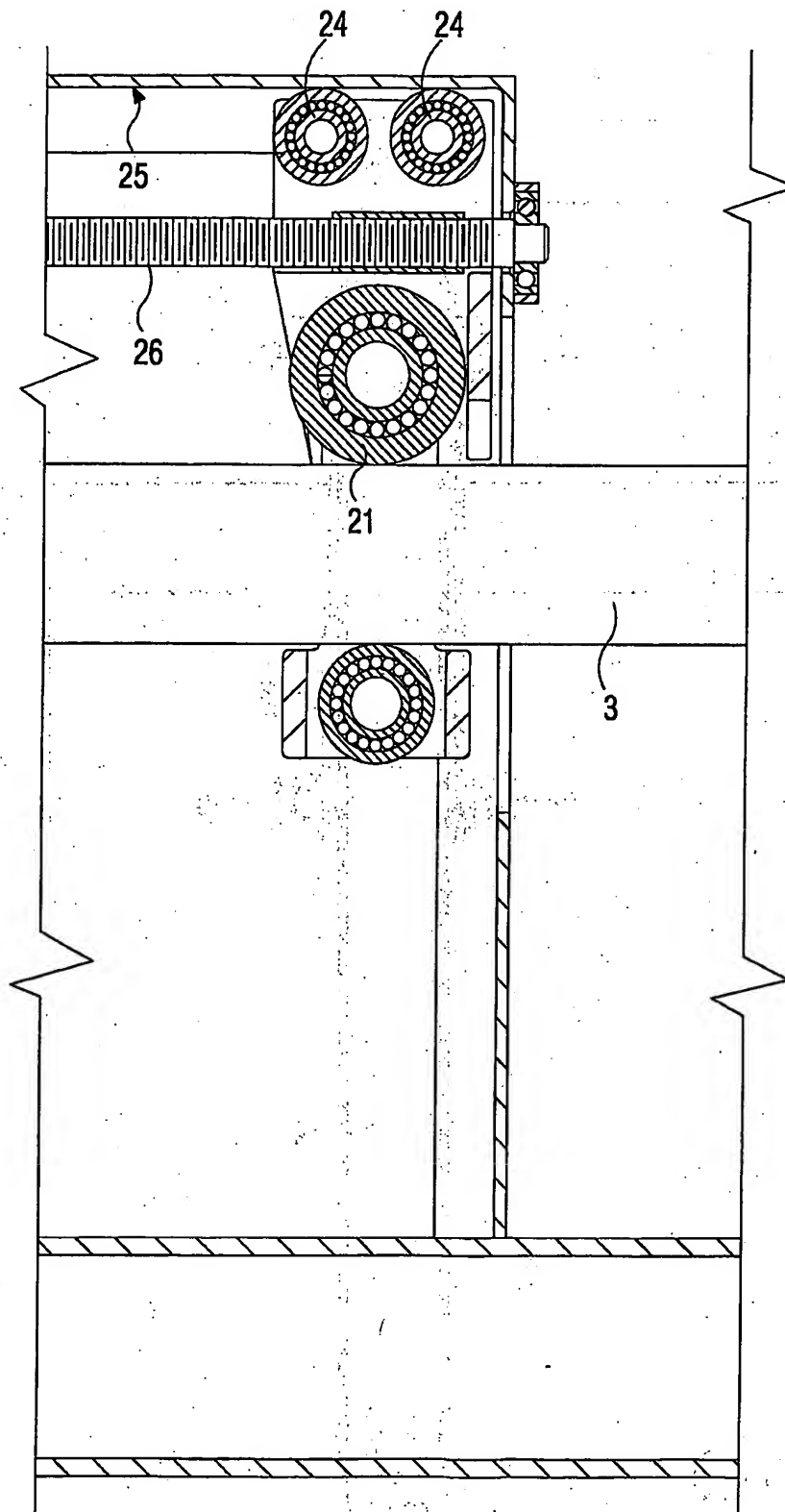


Figura 5

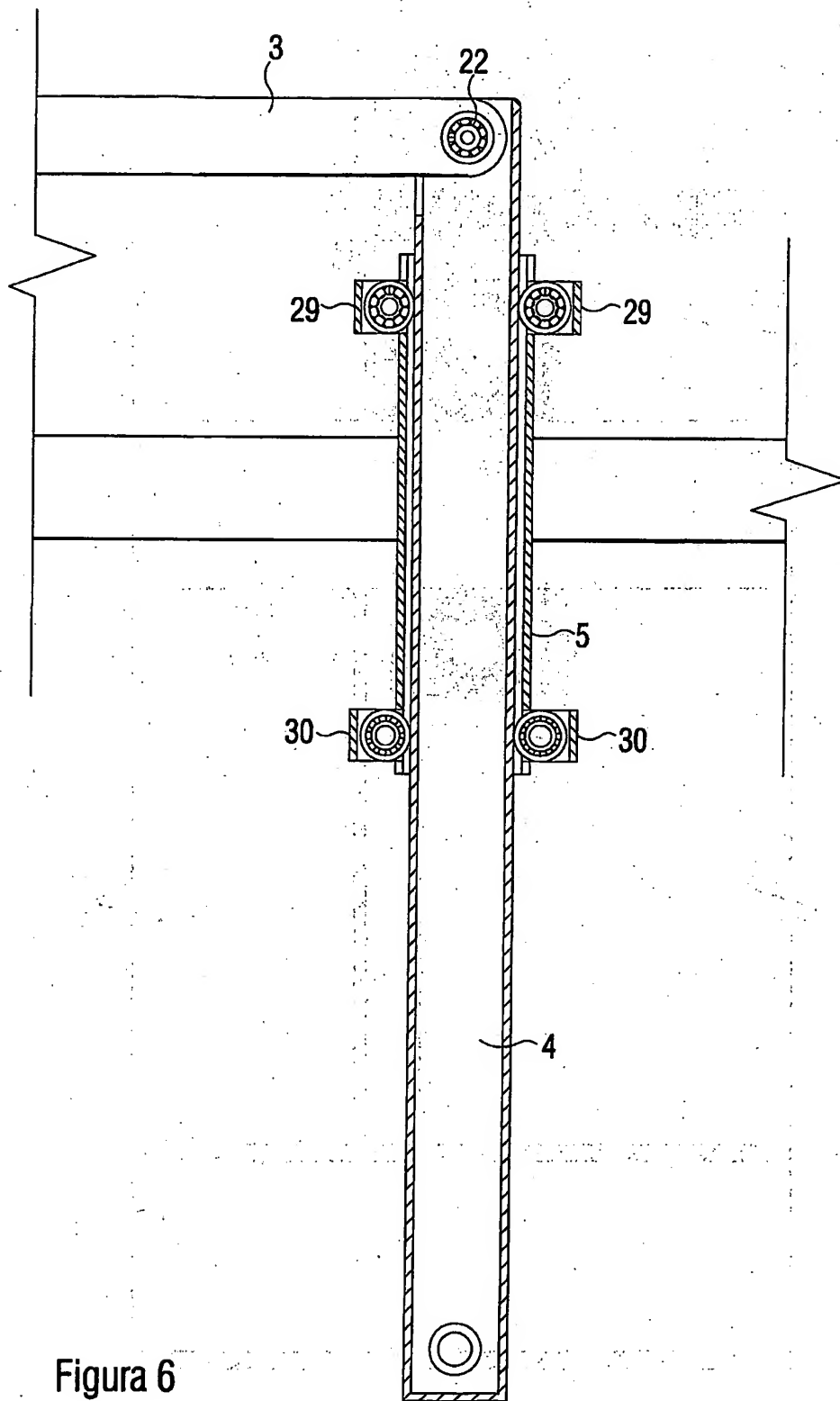


Figura 6

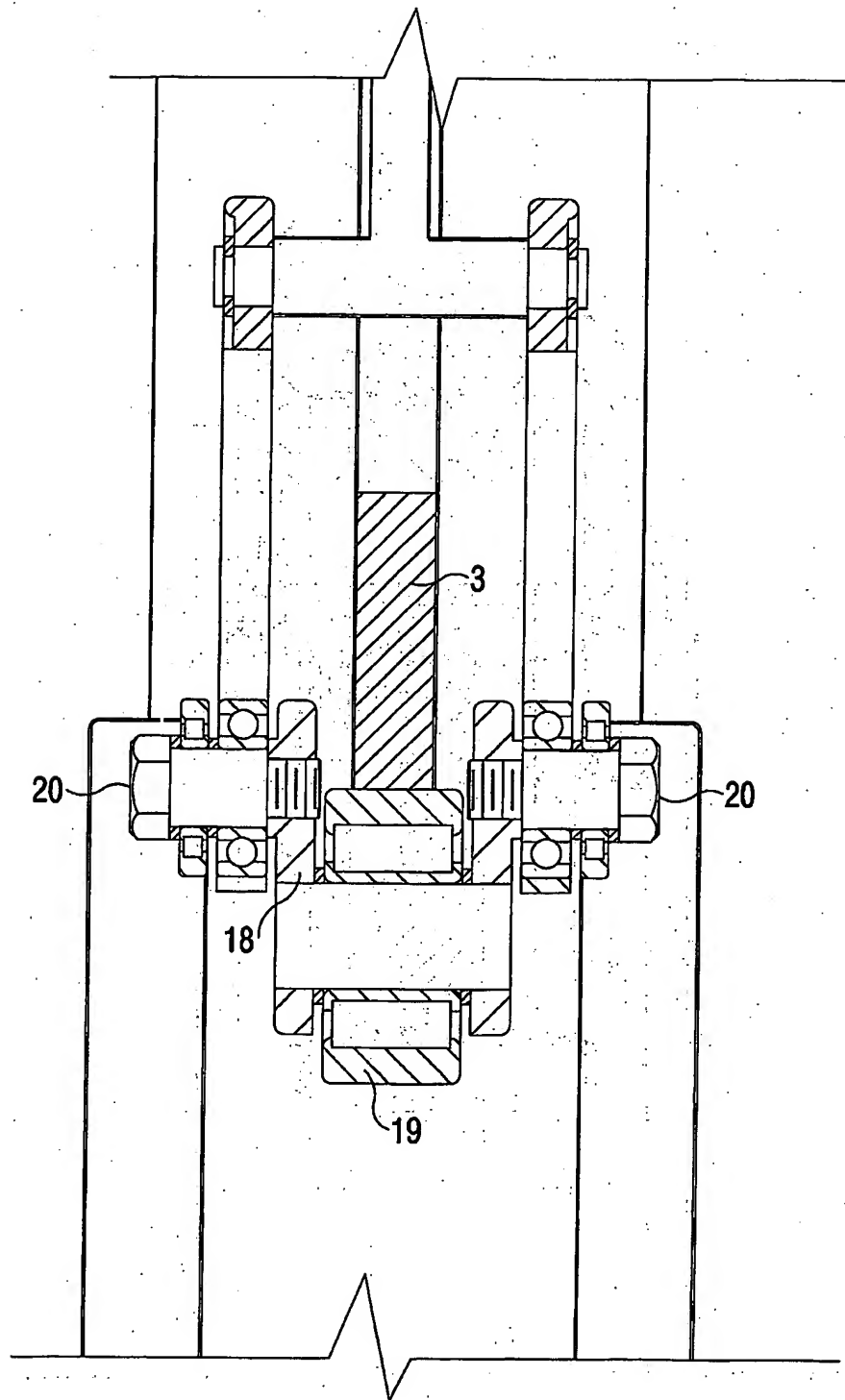


Figura 7

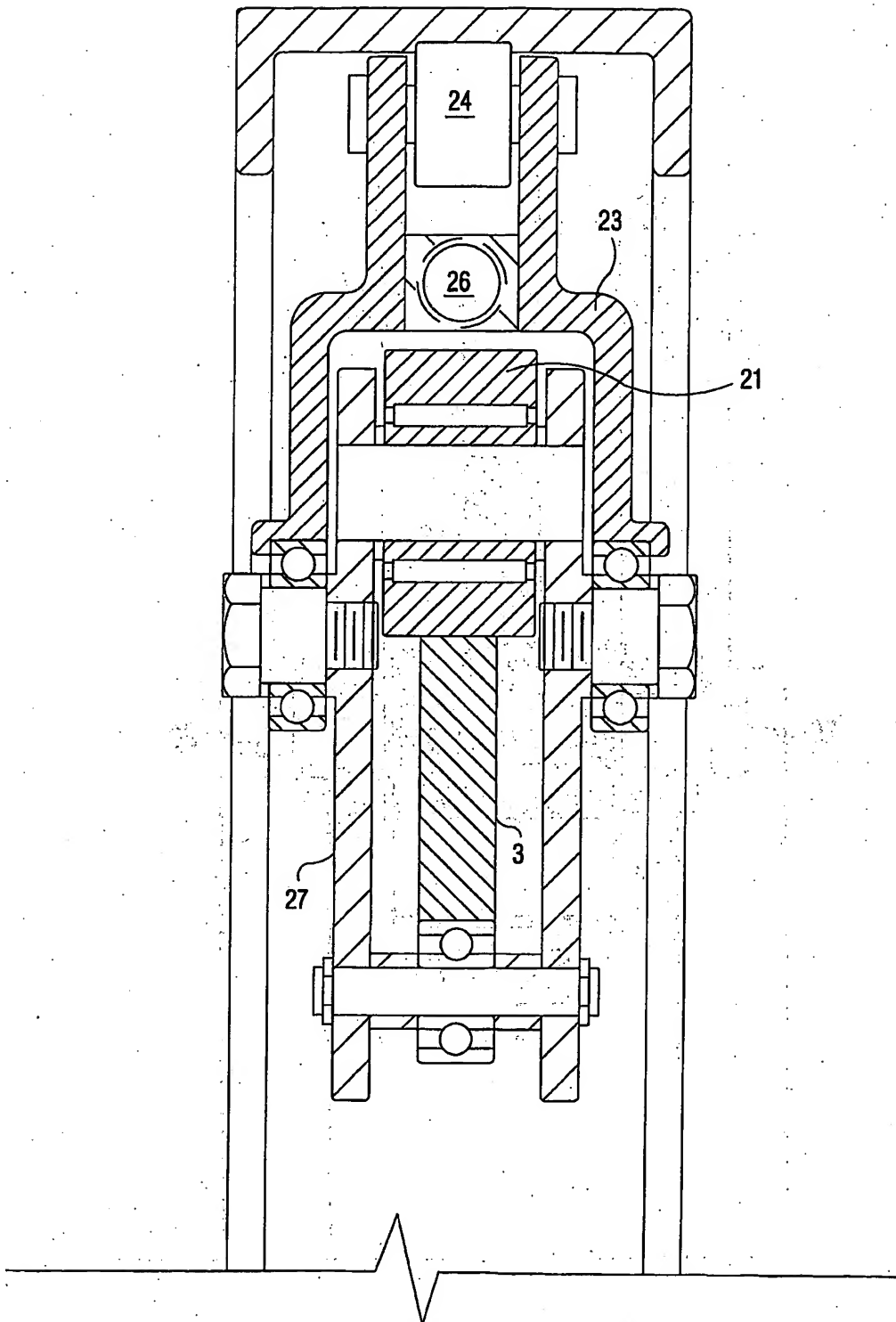


Figura 8

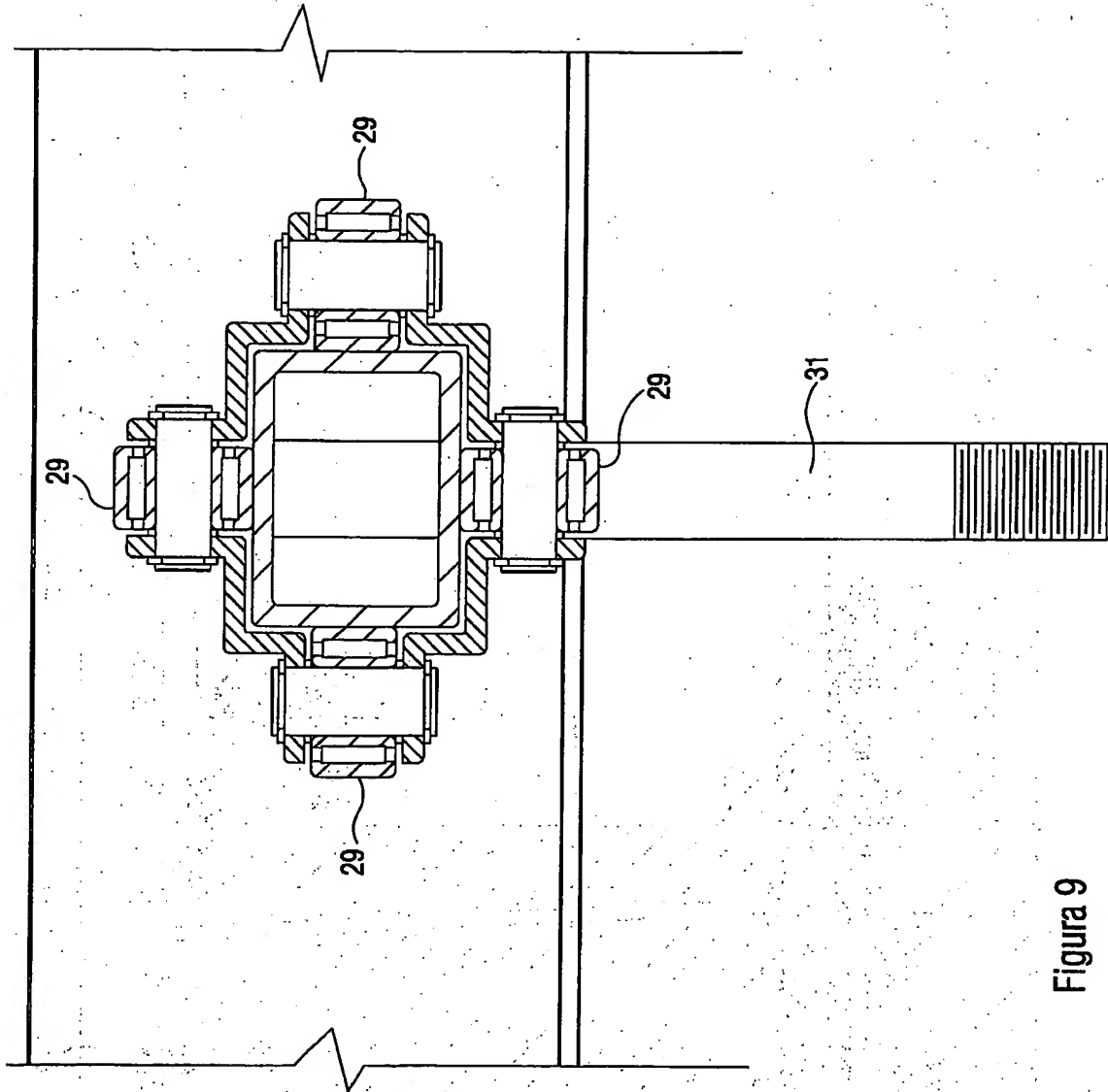


Figura 9

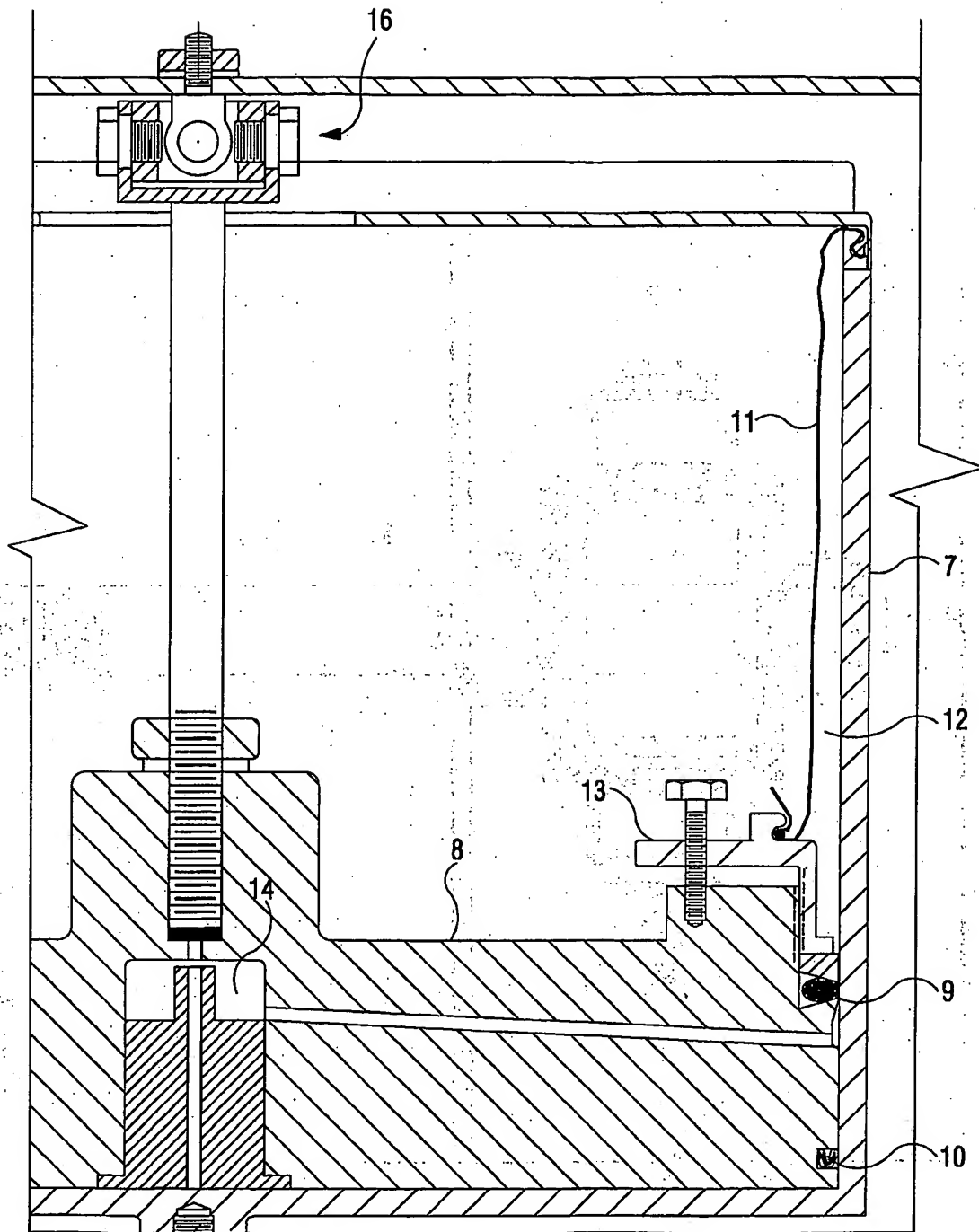


Figura 10

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.